

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(19) JAPANESE PATENT OFFICE

(11) Publication number (Patent number): 11307863

(21) Application number: 10111739

(22) Date of filing: 19980422

H01S 3/18

SURFACE LIGHT-EMITTING SEMICONDUCTOR  
LASER ELEMENT AND MANUFACTURE THEREOF

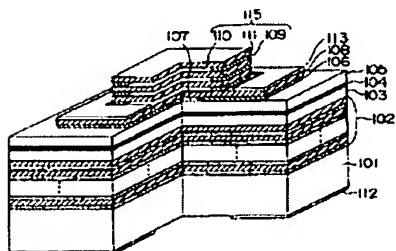
## (57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a reflection mirror which is manufactured with no dispersion in reflectivity with a reflection mirror of high reflectivity.

SOLUTION: The element comprises a GaAs substrate 101, a first reflection mirror 102 comprising a multi-layer film of GaAs/AlAs provided on the GaAs substrate 101, laminating structures 103, 104, 105, and 106 constituting a light-emitting part formed on the first reflection mirror 102, and a second reflection mirror 115 formed on the laminating structures 103-106. The second reflection mirror 115 comprises a multi-layer film having a pair of a GaAs film 111 and an air layer 110 comprising an AlO supporting layer 109 along both side edges.

COPYRIGHT: (C)1999, JPO

도면



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-307863

(43) 公開日 平成11年(1999)11月5日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H01S 3/18

識別記号

P 1

H01S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-111739

(22) 出願日 平成10年(1998)4月22日

(71) 出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(71) 出願人 583162453

技術研究組合新情報処理開発機構

東京都千代田区東神田2-5-12 龍角散ビル8階

(72) 発明者 内山 誠治

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

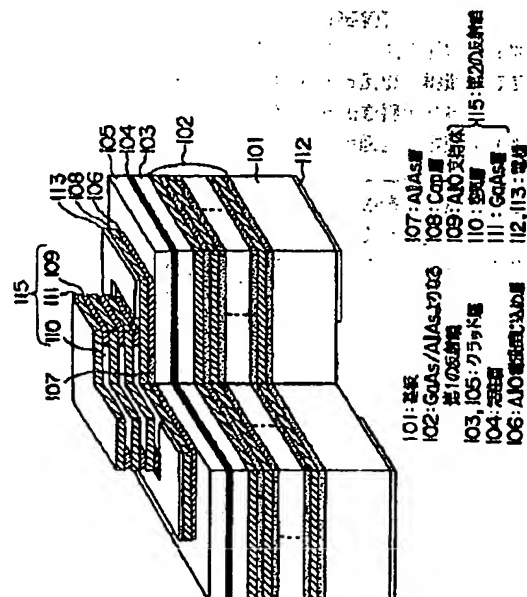
(74) 代理人 弁理士 稲垣 清 (外2名)

(54) 【発明の名称】 面発光半導体レーザ素子及びその製作方法

(57) 【要約】

【課題】 高反射率の反射鏡を反射率にばらつき無く製作できる反射鏡構造を有する面発光レーザ素子及びその製作方法を提供する。

【解決手段】 本面発光半導体レーザ素子は、GaAs基板101と、GaAs基板上に設けられたGaAs/AlAsの多層膜からなる第1の反射鏡102と、第1の反射鏡上に形成された発光部を構成する積層構造103、104、105、106と、積層構造上に形成された第2の反射鏡115とを備えている。第2の反射鏡は、GaAs膜111と、両側縁に沿ってAlO支持層109を有する空気層110とを1対とする多層膜で構成されている。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 GaAs 基板と、GaAs 基板上に設けられたGaAs/AlAs の多層膜からなる第1の反射鏡と、第1の反射鏡上に形成された発光部を構成する積層構造と、積層構造上に形成された第2の反射鏡とを備えた面発光半導体レーザ素子であって、

第2の反射鏡は、GaAs 膜と、両側縁に沿って設けられたAlO層によって区画された空気層とを1対とする多層膜で構成されていることを特徴とする面発光半導体レーザ素子。

【請求項2】 第2の反射鏡が、GaAs 膜に代えて、 $Al_xGa_{1-x}As$  ( $x < 0.3$ ) 膜と、両側縁に沿ってAlO支持層を有する空気層とを1対とする多層膜で構成されていることを特徴とする請求項1に記載の面発光半導体レーザ素子。

【請求項3】 請求項1又は2に記載の面発光半導体レーザ素子の製作方法であって、発光部を構成する積層構造上に第2の反射鏡を形成するに当たり、GaAs 膜とAlAs 膜とを1対とする多層膜を形成する工程と、多層膜をストライプメサ状に加工する工程と、ストライプメサ状の多層膜のAlAs 膜の側縁部を酸化してAlOに転化し、AlO層を形成する工程と、残存のAlAs 膜をエッチングして除去し、両側縁に沿って設けられたAlO層によって区画された空気層を形成する工程とを有することを特徴とする面発光半導体レーザ素子の製作方法。

【請求項4】 GaAs 膜に代えて、 $Al_xGa_{1-x}As$  ( $x < 0.3$ ) 膜とAlAs 膜とを1対とする多層膜を形成する工程とを備えることを特徴とする請求項3に記載の面発光半導体レーザ素子の製作方法。

【請求項5】 AlAs 膜に代えて、GaAs 膜と $Al_yGa_{1-y}As$  ( $y > 0.6$ ) 膜とを1対とする多層膜を形成する工程と、ストライプメサ状の多層膜の $Al_yGa_{1-y}As$  ( $y > 0.6$ ) 膜の側縁部を酸化してAlOに転化し、AlO層を形成する工程と、残存の $Al_yGa_{1-y}As$  ( $y > 0.6$ ) 膜をエッチングして除去し、両側縁に沿って設けられたAlO層によって区画された空気層を形成する工程とを備えることを特徴とする請求項3に記載の面発光半導体レーザ素子の製作方法。

【請求項6】 GaAs 膜とAlAs 膜と多層膜に代えて、 $Al_xGa_{1-x}As$  ( $x < 0.3$ ) 膜と $Al_yGa_{1-y}As$  ( $y > 0.6$ ) 膜とを1対とする多層膜を形成する工程と、ストライプメサ状の多層膜の $Al_yGa_{1-y}As$  ( $y > 0.6$ ) 膜の側縁部を酸化してAlOに転化し、AlO層を形成する工程と、残存の $Al_yGa_{1-y}As$  ( $y > 0.6$ ) 膜をエッチン

グして除去し、両側縁に沿って設けられたAlO層によって区画された空気層を形成する工程とを備えることを特徴とする請求項3に記載の面発光半導体レーザ素子の製作方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、面発光半導体レーザ素子及びその製作方法に関し、更に詳細には、製作が容易で、寸法及び反射率にばらつきが無い反射鏡構造を備えた面発光半導体レーザ素子及びその製作方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】垂直共振器面発光半導体レーザは、半導体基板に対して垂直方向に光を出射し、2次元並列集積化が可能なレーザ素子であって、並列光情報処理や光インターコネクションなどの新しい光エレクトロニクスの分野への適用を目指した半導体レーザ素子として注目されている。面発光半導体レーザ素子（以下、簡単に面発光レーザ素子と言う）は、半導体基板上に活性領域と反射鏡とを備え、基板側からレーザ光を放出する構造を備えた半導体レーザ素子であって、一般には、反射率99%以上の高反射率の反射鏡が必要であると言われている。

【0003】高反射率の反射鏡を形成する方法は、従来から盛んに研究されており、例えば以下のように、多層膜により反射鏡を形成する方法が提案されている。第1の方法は、相互に異なる屈折率を有する2種類の半導体層からなる多層膜で反射鏡を構成するやり方である。例えば、屈折率 $n$ が3.5のGaAs層と、屈折率 $n$ が3のAlAs層とを積層してなる多層膜により高反射率反射鏡を構成する。この半導体多層膜型反射鏡は、反射鏡を構成する多層膜の各半導体層をエピタキシャル成長法により形成できるので、面発光レーザ素子の活性領域を形成する際に、同時に多層膜を形成できるという利点があるが、多層膜を構成する各対の異なる2層の半導体材料の屈折率差が小さいため、99%以上の反射率を得るためには、少なくとも20対以上の層数が必要であり、高反射率の帯域も8.0nm程度と狭い。

【0004】これに対して、第2の方法は、屈折率差が大きな相互に異なる2種類の誘電体材料を用いる方法であって、例えば屈折率 $n$ が3.2のSi膜と、屈折率 $n$ 1.5がSiO<sub>2</sub>膜とを1対とする多層膜を用いると、6対程度で反射率が99%以上の反射鏡を形成することができ、また、その帯域幅も600nm程度とかなり広い。しかし、誘電体は、熱伝導が悪く、またエピタキシャル成長させることができないので、多層膜の成膜及び加工が困難である等の問題があった。

【0005】これらの方法に対して、第3の方法では、図4に示すように、先ず、GaAs基板上にMBE法により、 $Al_xGa_{1-x}As$  ( $x < 0.3$ ) 膜と、Al

$y, \text{Ga}_{1-y}\text{As}$  ( $y > 0.6$ ) 膜との多層膜を形成する。次いで、 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$  ( $y > 0.6$ ) 膜を選択的エッチング法によって取り除いて空気層を形成して、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $x < 0.3$ ) 膜と空気層とからなる多層膜反射鏡を形成する方法が、例えば S.-T. Ho et al., Appl. Phys. Lett., Vol. 57 pp.1387-1389, 1990 により、提案されている。

【0006】この方法によれば、半導体の屈折率が3程度に対して、空気の屈折率が1であるから、1対では90.6%、2対では99.2%、3対では99.9%の高反射率の反射鏡が得られ、帯域幅も600nm程度と、非常に広く、エピタキシャル成長により多層膜を形成できる等の利点がある。尚、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $x < 0.3$ ) 膜及び  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$  ( $y > 0.6$ ) 膜に代えて、それぞれ、GaAs 膜と AlAs 膜との多層膜を形成し、AlAs 膜を選択的に除去して、GaAs 膜と空気層との多層膜を形成しても良い。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述した第3の方法では、GaAs 膜、又は  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $x < 0.3$ ) 膜からなる第1の層と、空気層との多層膜を形成する場合、図1に示すように、選択エッチング法により、AlAs 膜又は  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$  ( $y > 0.6$ ) 膜を膜と平行な横方向に選択的にエッチングしているので、エッチングの制御が技術的に難しく、空気層を作るために必要な支持体となる GaAs 膜又は  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $x < 0.3$ ) 膜まで過剰にエッチングしたり、逆にエッチングが不足して所定の空気層を形成できないという問題があった。従って、膜厚の薄い対からなる多層膜を形成することが難しく、また、エッチングの再現性が悪く、多層膜を構成する空気層の層厚にばらつきが生じ、結果的に反射率のばらつきが反射鏡に生じ勝ちであった。

【0008】以上のように、従来の反射鏡の形成方法は、必ずしも満足できる成果を収めているとは言えない。よって、本発明の目的は、反射率にばらつき無く製作でき、しかも反射率の高い反射鏡構造を有する面発光レーザ素子及びその製作方法を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明に係る面発光半導体レーザ素子は、GaAs 基板と、GaAs 基板上に設けられた GaAs/AlAs の多層膜からなる第1の反射鏡と、第1の反射鏡上に形成された発光部を構成する積層構造と、積層構造上に形成された第2の反射鏡とを備えた面発光半導体レーザ素子であって、第2の反射鏡は、GaAs 膜と、両側縁に沿って設けられた AlO 層によって区画された空気層とを1対とする多層膜で構成されていることを特徴としている。

【0010】AlO 層の幅は、通常、10μm 程度で良

い。また、本発明に係る面発光半導体レーザ素子では、GaAs 膜に代えて、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $x < 0.3$ ) 膜と、両側縁に沿って AlO 支持層を有する空気層とを1対とする多層膜で構成しても良い。

【0011】本発明に係る面発光半導体レーザ素子を作成する方法は、発光部を構成する積層構造上に第2の反射鏡を形成するに当たり、GaAs 膜と AlAs 膜とを1対とする多層膜を形成する工程と、多層膜をストライプメサ状に加工する工程と、ストライプメサ状の多層膜の AlAs 膜の側縁部を酸化して AlO に転化し、AlO 層を形成する工程と、残存の AlAs 膜をエッチングして除去し、両側縁に沿って設けられた AlO 層によって区画された空気層を形成する工程とを有する。

【0012】AlO 層を形成する工程で、ストライプメサ状の多層膜の AlAs 膜の側縁部を酸化する方法は、特に限定はなく、例えば水蒸気酸化法により酸化する。また、空気層を形成する工程で、好適には、残存の AlAs 膜をエッチングする際のエッチングでは、GaAs と AlO との間のエッチング選択比が大きいエッチング液、例えば HF10% 水溶液等の HF 系エッチャントによるウェットエッチングを施す。

【0013】また、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $x < 0.3$ ) 膜と AlAs 膜とを1対とする多層膜を形成する工程を備え、GaAs 膜と、両側縁に沿って AlO 支持層を有する空気層とを1対とする多層膜の反射鏡構造を形成しても良い。更には、AlAs 膜に代えて、GaAs 膜と  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$  ( $y > 0.6$ ) 膜とを1対とする多層膜を形成する工程、GaAs 膜と AlAs 膜と多層膜に代えて、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $x < 0.3$ ) 膜と  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$  ( $y > 0.6$ ) 膜とを1対とする多層膜を形成する工程を備え、 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$  ( $y > 0.6$ ) 膜を酸化し、残存部をエッチングして空気層を形成するようにしても良い。

【0014】本発明では、GaAs 又は  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $x < 0.3$ ) 及び AlO と、 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$  ( $y > 0.6$ ) との間のエッチングレート差を利用して、選択的に AlAs、又は  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$  ( $y > 0.6$ ) を除去して、両側縁に AlO 層を残置させている。これにより、GaAs 膜、又は  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $x < 0.3$ ) 膜と、両側縁に沿って設けられた AlO 層によって区画された空気層（空隙）との多層膜からなる、構造的に強固で高反射率の反射鏡を寸法及び反射率にばらつき無く形成することができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下に、実施形態例を挙げ、添付図面を参照して、本発明の実施の形態を具体的に説明する。

#### 実施形態例1

本実施形態例は、本発明に係る面発光半導体レーザ素子

(以下、簡単に面発光レーザ素子と言う)の実施形態の一例であって、図1は本実施形態例の面発光レーザ素子の構成を示す部分破断斜視図である。本実施形態例の面発光レーザ素子10は、図1に示すように、GaAs基板101と、GaAs基板101上に設けられたGaAs/AlAsの多層膜からなる基板側反射鏡102と、基板側反射鏡102上に形成された発光部を構成する積層構造と、積層構造上に形成された反射鏡115と、電極112、113とを備えている。発光部を構成する積層構造は、下部クラッド層103、活性層104、上部クラッド層105、AlAs層107、AlAs層107の周囲を埋め込んだ、AlAsの酸化層からなる電流閉じ込め層106、及びキャップ層108からなる。

【0016】反射鏡115は、発振波長を $\lambda$ とした時、膜厚 $\lambda/(4n_{\text{GaAs}})$ のGaAs膜111と、両側縁部にAlO支持層109を有する膜厚 $\lambda/4$ の空気層110との少なくとも3対の多層膜で構成されている。例えば発振波長 $\lambda$ が980nmの時、GaAsの屈折率 $n_{\text{GaAs}}=3.5$ であるから、GaAs膜111の膜厚は70nm、空気層110の膜厚は245nmである。反射鏡115の反射率は、GaAs膜111と空気層110とを1対とする多層膜を考えると、1対では90.6%、2対では99.2%、また、3対では99.9%の反射率が得られる。また、反射鏡115は、GaAs膜と空気層との屈折率差 $\Delta n$ が $\Delta n=2.5$ と大きいので、3対の多層膜の反射鏡で、600nm程度の広帯域を有する。一方、基板側反射鏡102は、従来と同様に、20~30対のGaAs/AlAsの多層膜102を形成し、反射率99%以上の反射鏡を構成している。本面発光レーザ素子10では、電流は、反射鏡115の周囲に形成された電極113から注入され、例えば、電流閉じ込め層106により、反射鏡直下の活性領域のみに流れる。

【0017】面発光レーザ素子の作製方法の実施形態例次に、図2及び図3を参照して、本実施形態例の面発光レーザ素子10の作製方法を説明する。図2(a)から(c)及び図3(d)と(e)は、本実施形態例の面発光レーザ素子10を作製する際の各工程毎の層構造を示す断面図である。

(1) 先ず、図2(a)に示すように、GaAs基板101上に、GaAs/AlAsの多層膜からなる基板側反射鏡102、下部クラッド層103、活性層104、上部クラッド層105、AlAs層107、AlAs層107を埋め込む電流閉じ込め層106、及びキャップ層108からなる面発光レーザの積層構造を形成する。なお、図2(a)では、電流閉じ込め層106は表示されていない。次いで、積層構造上に、GaAs膜111とAlAs膜114を1対とする少なくとも3対の多層膜115の反射鏡構造をエピタキシャル成長法により形成する。

【0018】(2) 次いで、図2(b)に示すように、多層膜115上にストライプマスク(図示せず)を形成し、乾式エッチング法、又は湿式エッチング法により多層膜反射鏡構造を例えば幅30nmのストライプメサ状に加工する。

(3) 次に、図2(c)に示すように、水蒸気酸化法により、ストライプメサ状の多層膜のAlAs膜114の側縁部を約10 $\mu\text{m}$ の深さ酸化してAlOに転化させ、AlO支持層109を形成する。

(4) 続いて、ストライプメサ状多層膜115上に長さ約30 $\mu\text{m}$ のマスクを形成し、乾式エッチング法によりエッチングし、多層膜反射鏡構造を30 $\mu\text{m}$ 角程度の四角柱状メサにする。そして、GaAsとAlOとの間のエッチング選択比が大きいエッチャント、例えばHF10%水溶液等のHF系エッチャントにより、残留しているAlAsのみをエッチングで除去して、図3(d)に示すように、空隙層、即ち空気層110を形成する。これにより、GaAs膜111と、両側縁に沿ってAlO支持層109を有する空気層110との多層膜構造の反射鏡115を形成することができる。

【0019】(5) 次いで、図3(e)に示すように、電流閉じ込め構造、例えばAlAsの酸化層106及び電極112、113を形成することにより、図1に示す面発光レーザ素子10を得ることができる。

【0020】本実施形態例によれば、GaAs及びAlOと、AlAsとの間のエッチング選択比が大きい、例えばHF10%水溶液等のHF系エッチャントにより、残留しているAlAs膜のみをエッチングで除去して、空隙層、即ち空気層110を形成しているため、エッチングの再現性が高く、製品にばらつきが少なく、製品歩留りを向上させることができる。

#### 【0021】実施形態例2

本実施形態例は、実施形態例1の改変例であって、実施形態例2の面発光レーザ素子では、面発光レーザ素子10のGaAs膜111に代えて、Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As( $x<0.3$ )膜と、両側縁に沿ってAlO支持層109を有する空気層110とを1対とする多層膜で第2の反射鏡115を構成する。その際には、上述の(1)の工程では、GaAs膜111に代えて、Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As( $x<0.3$ )膜と、AlAs膜114とを1対とする多層膜を形成する。

#### 【0022】実施形態例3

本実施形態例は、実施形態例1の面発光レーザ素子10と同じ構成を有するものの、製作方法が異なる例である。本例では、上述の(1)の工程で、AlAs膜114に代えて、GaAs膜111とAl<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>As( $y>0.6$ )膜とを1対とする多層膜を形成し、次いで(3)の工程でAl<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>As( $y>0.6$ )膜を酸化してAlO支持層109を形成し、(4)の工程で残存のAl<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>As( $y>0.6$ )膜をエッチ

ングして除去する。

#### 【0023】実施形態例4

本実施形態例は、実施形態例2の面発光レーザ素子と同じ構成を有するものの、製作方法が異なる例である。本例では、上述の(1)の工程で、GaAs膜111及びAlAs膜114に代えて、それぞれ、 $Al_xGa_{1-x}As$  ( $x < 0.3$ ) 膜と  $Al_yGa_{1-y}As$  ( $y > 0.6$ ) 膜とを1対とする多層膜を形成し、次いで(3)の工程で  $Al_yGa_{1-y}As$  ( $y > 0.6$ ) 膜を酸化してAlO支持層109を形成し、(4)の工程で残存の  $Al_xGa_{1-x}As$  ( $x < 0.3$ ) 膜をエッチングして除去する。

【0024】実施形態例2から実施形態例3の面発光レーザ素子及びその作製方法も、実施形態例1と同様の効果を奏し、2対〜3対という非常に少ない対数で高い反射率の反射鏡を形成することができる。しかも、実施形態例1と同様にAlAs膜又は  $Al_yGa_{1-y}As$  ( $y > 0.6$ ) 膜のエッチングの再現性が高く、製品にばらつきが少なく、製品歩留りを向上させることができる。

#### 【0025】

【発明の効果】本発明によれば、GaAs膜と、両側縁に沿ってAlO膜を有する空気層とを1対とする多層膜で、基板とは反対側の反射鏡を構成することにより、少ない対数の多層膜で高い反射率の反射鏡構造を、反射率にばらつきが生じないようにして製作することができる。本発明に係る面発光レーザ素子は、光通信及び光インターコネクション分野の光源として最適である。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態例1の面発光レーザ素子の層構造を示す部分破断斜視図である。

【図2】図2(a)から(c)は、実施形態例1の面発光レーザ素子を作製する際の各工程毎の層構造を示す断面図である。

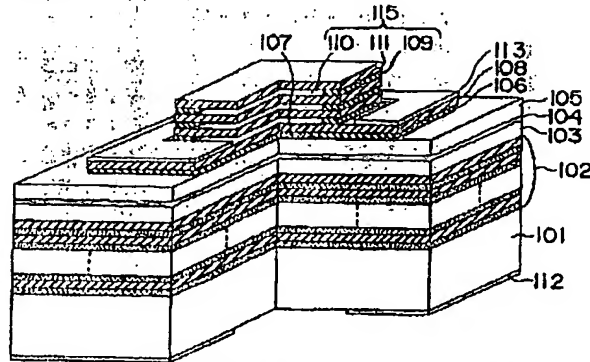
【図3】図3(d)と(e)は、本実施形態例の面発光レーザ素子10を作製する際の各工程毎の層構造を示す断面図である。

【図4】従来の反射鏡の構成及びその問題点を説明するための反射鏡構造の模式的断面図である。

【符号の説明】

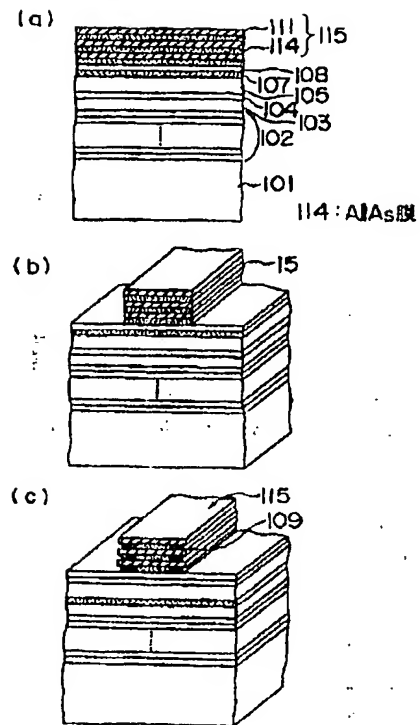
- 10 実施形態例1の面発光レーザ素子
- 101 GaAs基板
- 102 GaAs/AlAsの多層膜からなる基板側反射鏡
- 103 下部クラッド層
- 104 活性層
- 105 上部クラッド層
- 106 電流閉じ込め層
- 107 AlAs層
- 108 キャップ層
- 109 AlO支持層
- 110 空気層
- 111 GaAs層
- 112, 113 電極
- 114 AlAs層
- 115 第2の反射鏡

【図1】

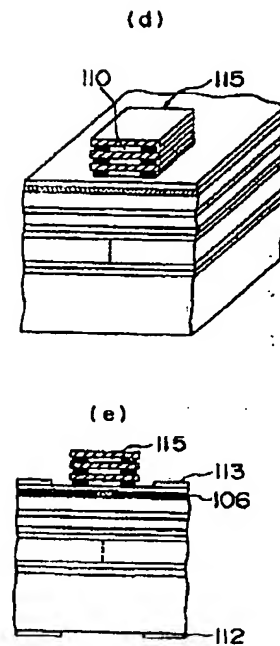


- 101: 基板
- 102: GaAs/AlAsよりなる第1の反射鏡
- 103, 105: クラッド層
- 104: 活性層
- 106: AlO電流閉じ込め層
- 107: AlAs層
- 108: Cap層
- 109: AlO支持層
- 110: 空気層
- 111: GaAs層
- 112, 113: 電極
- 115: 第2の反射鏡

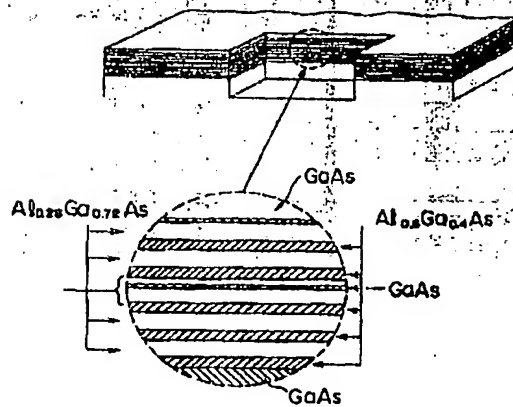
【図2】



【図3】



【図4】



BEST AVAILABLE COPY